

本章将介绍射频识别技术和应用。通过本章的学习,学生需要了解射频识别技术的结构、工作原理和关键技术,以及其应用和发展。

## 3.1 射频识别技术概述

### 3.1.1 简介

#### 1. 定义

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID),又称电子标签、无线射频识别。它是一种通信技术,可通过无线电信号来识别特定目标并读写相关数据,而无须在识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触。

RFID 是一项易于操控,简单实用且特别适合用于自动化控制的灵活性应用技术。该识别工作无须人工干预,既可支持只读工作模式,也可支持读写工作模式,且无须接触或瞄准。RFID 可以在各种环境下工作:短距离射频产品具有不怕油渍、灰尘等污染环境的特点;长距离射频产品则多用于交通上,识别距离可达几十米,如自动收费或识别车辆身份等,见图 3-1。

RFID 也称为感应式电子芯片或近接卡、感应卡、非接触卡、电子标签、电子条码等。一套完整的 RFID 系统由阅读器(Reader)与应答器(Transponder)两部分组成,其工作原理为由 Reader 发射特定频率的无线电波能量给 Transponder,用以驱动 Transponder 电路将其内部的 ID Code 送出,此时 Reader 便接收此 ID Code。Transponder 的特殊性在于免用电池、免接触、免刷卡,故其不怕脏污,且芯片密码为世界唯一且无法复制,安全性高、寿命长。

RFID 的应用非常广泛,目前的典型应用有动物芯片、汽车芯片防盗器、门禁管制、停车场管制、生产线自动化、物料管理等。RFID 标签有两种:有源标签和无源标签。

RFID 射频识别是一种非接触式的自动识别技术。它通过射频信号自动识别目标对象来获取相关数据,识别工作无须人工干预,可工作于各种恶劣环境。该技术可识别高速运动物体并可同时识别多个标签,操作快捷方便。RFID 技术具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、数据加密、存储容量大、信息更改自如等优点。

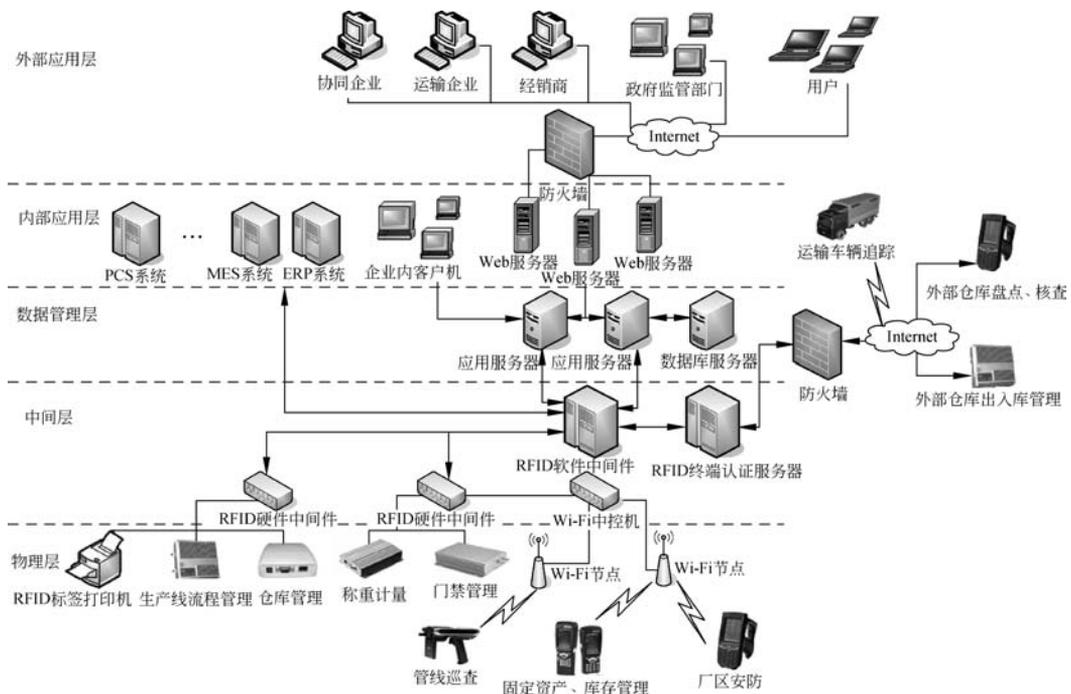


图 3-1 RFID 应用系统图

## 2. 优点

RFID 技术所具备的独特优越性与其他识别技术无法比拟的,主要表现在以下几个方面。

(1) 读取方便快捷。数据的读取无需光源,甚至可以透过外包装来进行。有效识别距离更长,采用自带电池的主动标签时,有效识别距离可达到 30m 以上。

(2) 识别速度快。标签一进入磁场,阅读器就可以即时读取其中的信息,而且能够同时处理多个标签,实现批量识别。

(3) 数据容量大。数据容量最大的二维条形码(PDF417),最多也只能存储 2725 个数字,若包含字母,存储量则会更少,RFID 标签则可以根据用户的需要扩充到几十 K。

(4) 使用寿命长,应用范围广。RFID 基于无线电通信方式,可以应用于粉尘、油污等高污染环境和放射性环境,而且其封闭式包装使得寿命大大超过印刷的条形码。

(5) 标签数据可动态更改。利用编程器可以向电子标签写入数据,从而赋予 RFID 标签交互式便携数据文件的功能,而且写入时间比打印条形码更短。

(6) 更好的安全性。RFID 电子标签不仅可以嵌入或附着在不同形状、类型的产品上,而且可以为标签数据的读写设置密码保护,从而具有更高的安全性。

(7) 动态实时通信。标签以每秒 50~100 次的频率与阅读器通信,所以只要 RFID 标签所附着的物体出现在解读器的有效识别范围内,就可以对其位置进行动态追踪和监控。

## 3.1.2 结构

### 1. 结构简介

无线射频识别技术是一种非接触的自动识别技术,其基本原理是利用射频信号和空间耦合(电感或电磁耦合)或雷达反射的传输特性,实现对被识别物体的自动识别。

RFID 系统至少包括电子标签和阅读器两部分。电子标签是射频识别系统的数据载体,由标签天线和标签专用芯片组成。依据电子标签供电方式的不同,它可以分为有源电子标签(Active tag)、无源电子标签(Passive tag)和半无源电子标签(Semi-passive tag)。有源电子标签内装有电池,无源射频标签没有内装电池,半无源电子标签部分依靠电池工作。

电子标签依据频率的不同可分为低频电子标签、高频电子标签、超高频电子标签和微波电子标签。依据其封装形式的不同,可分为信用卡标签、线形标签、纸状标签、玻璃管标签、圆形标签及特殊用途的异形标签等。

RFID 阅读器(读写器)通过天线与 RFID 电子标签进行无线通信,可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的阅读器包含高频模块(发送器和接收器)、控制单元以及阅读器天线。

### 2. 基本构成

RFID 射频识别是一种非接触式的自动识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象,并获取相关数据,识别工作无须人工干预。RFID 可作用于各种恶劣环境,识别高速运动物体,同时识别多个标签,操作快捷方便。

一个典型的射频识别系统由 RFID 标签、阅读器以及计算机系统等部分组成。

(1) 阅读器。读取(或写入)标签信息的设备,可设计为手持式或固定式。图 3-2 为手持的和固定的阅读器。



图 3-2 RFID 阅读器

(2) 天线(Antenna)。在标签和阅读器间传递射频信号,见图 3-3。

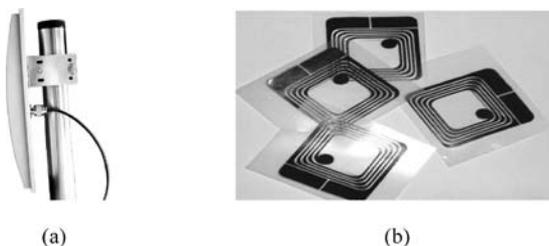


图 3-3 天线

(3) 标签(Tag)。由耦合元件及芯片组成,每个标签具有唯一的电子编码,附着在物体上标识目标对象。每个标签都有一个全球唯一的 ID——UID。UID 是在制作芯片时放在 ROM 中的,无法修改。用户数据区是供用户存放数据的,可以进行读写、覆盖、增加等操作。阅读器对标签的操作有三类:①识别(Identify),即读取 UID;②读取(Read),即读取用户数据;③写入(Write),即写入用户数据。标签样式如图 3-4 所示。

(4) 计算机系统。根据逻辑运算判断该标签的合法性,控制过程的自动完成,见图 3-5。



图 3-4 RFID 电子标签

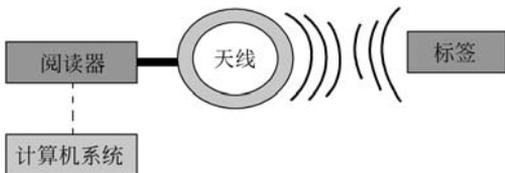


图 3-5 计算机系统

### 3.1.3 工作原理

#### 1. 基本原理

RFID 技术的基本工作原理并不复杂:标签进入磁场后,接收解读器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量发送出存储在芯片中的产品信息(Passive Tag,无源标签或被动标签),或者主动发送某一频率的信号(Active Tag,有源标签或主动标签)。解读器读取信息并解码后,送至中央信息系统进行有关数据处理。

一套完整的 RFID 系统,是由 Reader 与电子标签(Tag)也就是所谓的 Transponder 及应用软件系统三个部分所组成。其工作原理是:Reader 发射一特定频率的无线电波能量给 Transponder,用以驱动 Transponder 电路将内部的数据送出,此时 Reader 便依序接收解读数据,送给应用程序做相应的处理。

以 RFID 卡片阅读器及电子标签之间的通信及能量感应方式来看,大致上可以分成感应耦合(Inductive Coupling)及后向散射耦合(Backscatter Coupling)两种。一般低频的 RFID 大都采用第一种方式,而较高频大多采用第二种方式。

阅读器根据使用的结构和技术不同,可以分为读或读写装置,是 RFID 系统的信息控制和处理中心。阅读器通常由耦合模块、收发模块、控制模块和接口单元组成。阅读器和应答器之间一般采用半双工通信方式进行信息交换,同时阅读器通过耦合给无源应答器提供能量和时序。在实际应用中,可进一步通过 Ethernet 或 WLAN 等实现对物体识别信息的采集、处理及远程传送等管理功能。应答器是 RFID 系统的信息载体,目前应答器大多是由耦合元件(线圈、微带天线等)和微芯片组成的无源单元。

#### 2. 技术特点

(1) 数据的读写机能。通过 RFID Reader 可以直接读取信息至数据库内,无须接触,并且可以一次性处理多个标签,将物流处理的状态写入标签,供下一阶段使用。

(2) 容易小型化和多样化形状。RFID 在读取上并不受尺寸大小与形状限制,无须为了读取精确度而配合纸张的固定尺寸和印刷品质。RFID 电子标签可以小型化、特色化地应用在不同产品上。因此,在控制产品的生产,特别是在生产线上的应用上,它更加灵活。

(3) 耐环境性。纸张一受到脏污字迹标签就看不清,但 RFID 对水、油和药品等物质却有强力的抗污性。RFID 在黑暗或脏污的环境之中,也可以读取数据。

(4) 可重复使用。RFID 为电子数据,可以反复被覆写,因此可以回收标签重复使用。

(5) 穿透性。RFID 若被纸张、木材和塑料等非金属或非透明材质包覆的话,也可以进行穿透性通信。不过如果是铁质金属的话,就无法进行通信了。

(6) 数据的记忆容量大。数据容量会随着记忆规格的发展而扩大,未来物品所需携带的资料量愈来愈大,对卷标所能扩充容量的需求也增加了。对此,RFID 不会受到限制。

(7) 系统安全。将产品数据从中央计算机转存到工件上,为系统提供了安全保障,大大地提高了系统的安全性。

(8) 数据安全。通过校验或循环冗余校验的方法来保证射频标签中存储的数据准确性。

### 3.1.4 关键技术

#### 1. RFID 读写设备基本介绍

##### 1) 什么是 RFID 读写器

无线射频识别技术是一种非接触的自动识别技术,其基本原理是利用射频信号和空间耦合(电感或电磁耦合)或雷达反射的传输特性,实现对被识别物体的自动识别。

RFID 系统至少包含电子标签和阅读器两部分。RFID 阅读器(读写器)通过天线与 RFID 电子标签进行无线通信,可以实现对标签识别码和内存数据的读出或写入操作。典型的阅读器包含高频模块(发送器和接收器)、控制单元以及阅读器天线。

##### 2) RFID 的工作原理

射频识别系统的基本模型可参见图 3-5。其中,电子标签又称为射频标签、应答器、数据载体;阅读器又称为读出装置、扫描器、通信器、读写器(取决于电子标签是否可以无线改写数据)。电子标签与阅读器之间通过耦合组件实现射频信号的空间耦合(无接触),在耦合通道内,根据时序关系,实现能量传递、数据交换。

#### 2. RFID 工作频率的分类

从应用概念来说,射频标签的工作频率也就是射频识别系统的工作频率,是其最重要的指数之一。射频标签的工作频率不仅决定着射频识别系统工作原理(电感耦合还是电磁耦合)、识别距离,还决定着射频标签及读写器实现的难易程度和设备的成本。

工作在不同频段或频点上的射频标签具有不同的特点。射频识别应用占据的频段或频点在国际上有公认的划分,即位于 ISM 波段之中。典型的工作频率有 125kHz、133kHz、13.56MHz、27.12MHz、433MHz、902~928MHz、2.45GHz、5.8GHz 等。从应用概念来说,射频标签的工作频率也就是射频识别系统的工作频率,见图 3-6。

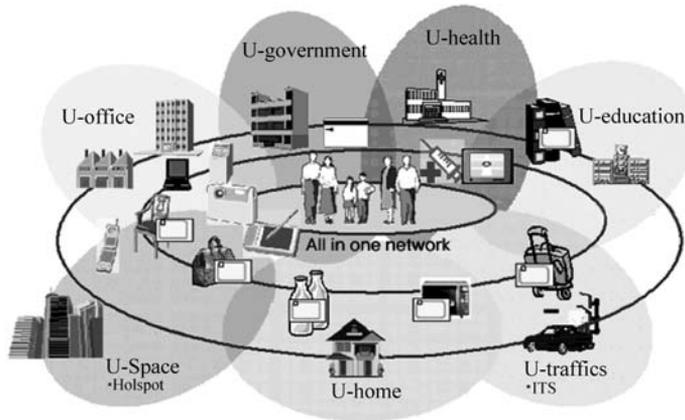


图 3-6 不同频段的工作范围

### 1) 低频段射频标签

低频段射频标签,简称低频标签,其工作频率范围为  $30\sim 300\text{kHz}$ 。典型工作频率有  $125\text{kHz}$ 、 $133\text{kHz}$ 。低频标签一般为无源标签,其工作能量通过电感耦合方式从阅读器耦合线圈的辐射近场中获得。低频标签与阅读器之间传送数据时,低频标签需位于阅读器天线辐射的近场区内。低频标签的阅读距离一般情况下小于  $1\text{m}$ 。

低频标签的典型应用有:动物识别、容器识别、工具识别、电子闭锁防盗(带有内置应答器的汽车钥匙)等。与低频标签相关的国际标准有:ISO 11784/11785(用于动物识别)、ISO 18000-2( $125\sim 135\text{kHz}$ )。低频标签有多种外观形式,应用于动物识别的低频标签外观有项圈式、耳牌式、注射式、药丸式等,典型应用的动物有牛、信鸽等。

低频标签的主要优势体现在:标签芯片一般采用普通的 CMOS 工艺,具有省电、廉价的特点;工作频率不受无线电频率管制约束;可以穿透水、有机组织、木材等;非常适合近距离的、低速度的、数据量要求较少的识别应用(如动物识别)等。

低频标签的劣势主要体现在:标签存储数据量较少;只能适合低速、近距离识别应用;与高频标签相比,标签天线匝数更多,成本更高一些。

### 2) 中高频段射频标签

中高频段射频标签的工作频率一般为  $3\sim 30\text{MHz}$ ,典型工作频率为  $13.56\text{MHz}$ 。该频段的射频标签,从射频识别应用角度来说,其工作原理与低频标签完全相同,即采用电感耦合方式工作,所以宜将其归为低频标签类中。另一方面,根据无线电频率的一般划分,其工作频段又称为高频,所以也常将其称为高频标签。鉴于该频段的射频标签可能是实际应用中最大量的一种射频标签,因而只要将高、低理解成为一个相对的概念,即不会在此造成理解上的混乱。为了便于叙述,将其称为中频射频标签。

中频标签一般采用无源方式,其工作能量同低频标签一样,也是通过电感(磁)耦合方式从阅读器耦合线圈的辐射近场中获得。标签与阅读器进行数据交换时,标签必须位于阅读器天线辐射的近场区内。中频标签的阅读距离一般情况下也小于  $1\text{m}$ 。

中频标签可方便地作成卡状,其典型应用包括:电子车票、电子身份证、电子闭锁防盗(电子遥控门锁控制器)等。相关的国际标准有:ISO 14443、ISO 15693、ISO 18000-3( $13.56\text{MHz}$ )等。

中频标准的基本特点与低频标准相似,由于其工作频率的提高,可以选用较高的数据传输速率。射频标签天线设计相对简单,标签一般制成标准卡片形状。

### 3) 超高频与微波标签

超高频与微波频段的射频标签,简称为微波射频标签,其典型工作频率为 433.92MHz、862(902)~928MHz、2.45GHz、5.8GHz。微波射频标签可分为有源标签与无源标签两类。工作时,射频标签位于阅读器天线辐射场的远区场内,标签与阅读器之间的耦合方式为电磁耦合方式。阅读器天线辐射场为无源标签提供射频能量,将有源标签唤醒。相应的射频识别系统阅读距离一般大于 1m,典型情况为 4~6m,最大可达 10m 以上。阅读器天线一般均为定向天线,只有在阅读器天线定向波束范围内的射频标签才可被读写。

由于阅读距离的增加,应用中有可能在阅读区域中同时出现多个射频标签的情况,从而提出了多标签同时读取的需求,进而这种需求发展成为一种潮流。目前,先进的射频识别系统均将多标签识读问题作为系统的一个重要特征。

以目前技术水平来说,无源微波射频标签比较成功的产品相对集中在 902~928MHz 工作频段上。2.45GHz 和 5.8GHz 射频识别系统多以半无源微波射频标签产品面世。半无源标签一般采用纽扣电池供电,具有较远的阅读距离。

微波射频标签的典型特点主要集中在是否无源、无线读写距离、是否支持多标签读写、是否适合高速识别应用、读写器的发射功率容限、射频标签及读写器的价格等方面。典型的微波射频标签的识读距离为 3~5m,个别有达到 10m 或 10m 以上的产品。对于可无线写的射频标签而言,通常情况下,写入距离要小于识读距离,其原因在于写入要求更大的能量。

微波射频标签的数据存储容量一般限定在 2Kb 以内,更大的存储容量似乎没有太大的意义,从技术及应用的角度来说,微波射频标签并不适合作为大量数据的载体,其主要功能在于标识物品并完成无接触的识别过程。典型的数据容量指标有 1Kb、128b、64b 等。由 Auto-ID Center 制定的产品电子代码 EPC 的容量为 90b。

微波射频标签的典型应用包括:移动车辆识别、电子身份证、仓储物流应用、电子闭锁防盗(电子遥控门锁控制器)等。相关的国际标准有:ISO 10374、ISO 18000-4(2.45GHz)、ISO 18000-5(5.8GHz)、ISO 18000-6(860-930 MHz)、ISO 18000-7(433.92 MHz)、ANSI NCITS 256-1999 等。

## 3. RFID 天线

RFID 天线在标签和读取器间传递射频信号。

在 RF 装置中,工作频率增加到微波区域的时候,天线与标签芯片之间的匹配问题变得更加严峻。天线的目标是传输最大能量进出标签芯片,这需要仔细地设计天线和自由空间以及与相连的标签芯片匹配。

天线的要求:足够小以至于能够贴到需要的物品上;有全向或半球覆盖的方向性;提供最大可能的信号给标签芯片;无论物品在什么方向,天线的极化都能与读卡机的询问信号相匹配;具有鲁棒性;非常便宜。选择天线时主要考虑天线的类型,天线的阻抗,在应用到物品上的 RF 性能,以及在有其他物品围绕贴标签物品时的 RF 性能。

全向天线应该避免在标签中使用,一般使用方向性天线,它具有更少的辐射模式和返回损耗的干扰。天线类型的选择必须使它的阻抗与自由空间和 ASIC 匹配。

#### 4. 电子标签耦合

根据射频识别系统作用距离的远近情况,射频标签天线与读写器天线之间的耦合可分为三类。射频识别系统中,射频标签与读写器之间的作用距离,是射频识别系统应用中的一个重要问题,通常情况下,这种作用距离定义为射频标签与读写器之间能够可靠交换数据的距离。射频识别系统的作用距离是一项综合指标,与射频标签及读写器的配合情况密切相关。

根据射频识别系统作用距离的远近情况,射频标签天线与读写器天线之间的耦合可分为以下三类:密耦合系统、遥耦合系统、远距离系统。

(1) 密耦合系统。密耦合系统的典型作用距离范围为 $0\sim 1\text{cm}$ 。在实际应用中,通常需要将射频标签插入阅读器中或将其放置到读写器的天线表面。密耦合系统利用射频标签与读写器天线无功近场区之间的电感耦合(闭合磁路)构成无接触的空间信息传输射频通道来工作。密耦合系统的工作频率一般局限在 $30\text{MHz}$ 以下。由于密耦合方式的电磁泄漏很小,耦合获得的能量较大,因而可适合要求安全性较高,作用距离无要求的应用系统,如电子门锁等。

(2) 遥耦合系统。遥耦合系统的典型作用距离可以达到 $1\text{m}$ 。遥耦合系统又可细分为近耦合系统(典型作用距离为 $15\text{cm}$ )与疏耦合系统(典型作用距离为 $1\text{m}$ )两类。遥耦合系统与密耦合系统原理相同,但其典型工作频率为 $13.56\text{MHz}$ ,也有一些其他频率,如 $6.75\text{MHz}$ 、 $27.125\text{MHz}$ 等。遥耦合系统目前仍然是低成本射频识别系统的主流。

(3) 远距离系统。远距离系统的典型作用距离为 $1\sim 10\text{m}$ ,个别的系统具有更远的作用距离。远距离系统的典型工作频率为 $915\text{MHz}$ 、 $2.45\text{GHz}$ 、 $5.8\text{GHz}$ ,此外,还有一些其他频率,如 $433\text{MHz}$ 等。远距离系统的射频标签根据其中是否包含电池分为有无源射频标签(不含电池)和半无源射频标签(内含电池)。一般情况下,包含电池的射频标签作用距离较无电池的射频标签作用距离要远一些。半无源射频标签中的电池并不为射频标签和读写器之间的数据传输提供能量,而是给射频标签芯片提供能量,为读写存储数据服务。

#### 5. 射频标签通信协议

射频标签与读写器之间的数据交换构成一个无线数据通信系统。

射频标签与读写器之间交换的是数据,由于采用无接触方式通信,还存在一个空间无线信道。因而,射频标签与读写器之间的数据交换构成的是一个无线数据通信系统。在这样的数据通信系统模型下,射频标签是数据通信的一方,读写器是另一方。如果要实现安全、可靠、有效的数据通信目的,数据通信的双方必须遵守相互约定的通信协议。没有这样一个通信双方公认的基础,数据通信的双方将互相听不懂对方在说什么,步调也无从协调一致,从而造成数据通信无法进行。

所涉及的问题包括时序系统问题、通信握手问题、数据帧问题、数据编码问题、数据的完整性问题、多标签读写防冲突问题、干扰与抗干扰问题、识读率与误码率问题、数据加密与安全性问题、读写器与应用系统之间的接口问题。

#### 6. 射频标签内存信息的写入方式

射频标签读写装置的基本功能是无接触读取射频标签中的数据信息。从功能角度来

说,单纯实现无接触读取射频标签信息的设备称为阅读器、读出装置、扫描器。单纯实现向射频标签内存中写入信息的设备称为编程器、写入器。综合具有无接触读取与写入射频标签内存信息的设备称为读写器、通信器。射频标签信息的写入方式大致可以分为以下三种类型。

(1) 射频标签在出厂时,已将完整的标签信息写入标签。在这种情况下,应用过程中,射频标签一般具有只读功能。只读标签信息的写入,在更多的情况下是在射频标签芯片的生产过程中将标签信息写入芯片,使得每一个射频标签拥有一个唯一的标识 UID(如 64b)。

(2) 射频标签信息的写入采用有线接触方式实现,一般称这种标签信息写入装置为编程器。这种接触式的射频标签信息写入方式通常具有多次改写的功能。

(3) 射频标签在出厂后,允许用户通过专用设备以无接触的方式向射频标签中写入数据信息。这种专用写入功能通常与射频标签读取功能结合在一起形成射频标签读写器。具有无线写入功能的射频标签通常也具有其唯一的不可改写 UID。这种功能的射频标签趋向于一种通用射频标签,应用中,可根据实际需要仅对其 UID 进行识读或仅对指定的射频标签内存单元进行读写。

## 7. 从传统条码到 RFID

为了提高计算机识别的效率,增强其灵活性和准确性,使人们摆脱繁杂的统计识别工作,传统条形码、二维条形码、无线射频识别技术先后问世。虽然它们各有千秋,但无论哪一项技术都是为了及时获取物品的各种信息并且进行快速、准确地处理。

传统条形码(也称一维条形码)技术相对成熟,在社会生活中处处可见,在全世界得到了极为广泛的应用。它作为计算机数据采集手段,以快速、准确、成本低廉等诸多优点迅速进入商品流通、自动控制以及档案管理等各个领域,也是目前我国使用最多的一种条形码。但是由于传统条形码是一维的,在垂直方向上不带任何信息,信息密度低,而且不能够显示汉字,容易因为磨损或皱折而被拒读,这在很大程度上限制了传统条码的应用范围。

与条形码识别系统相比,无线射频识别技术具有很多优势:通过射频信号自动识别目标对象,无需可见光源;具有穿透性,可以透过外部材料直接读取数据,保护外部包装,节省开箱时间;射频产品可以在恶劣环境下工作,对环境要求低;读取距离远,无须与目标接触就可以得到数据;支持写入数据,无须重新制作新的标签;使用防冲突技术,能够同时处理多个射频标签,适用于批量识别场合;可以对 RFID 标签所附着的物体进行追踪定位,提供位置信息。

由于 RFID 产品的优点,无线射频识别技术在国外发展得很快,它已被广泛应用于工业自动化、商业自动化、交通运输控制管理等众多领域,例如,汽车或火车等交通监控系统、高速公路自动收费系统、物品管理、流水线生产自动化、门禁系统、金融交易、仓储管理、畜牧管理、车辆防盗等。

由于 RFID 芯片的小型化和高性能芯片的实用化,射频识别标签不仅可以协助不同领域的管理者追踪物品的位置和搬运情况,还可以实时报告标签上附带的其他信息,如温度和压力等。射频标签是通过连接到数据网络上的读写器来提供此类信息的,迄今为止,射频识别标签主要作为条码的延伸而应用于工厂自动化或者库存管理等领域,但最终说来,尺寸更小的射频识别标签将应用于更先进的领域内。例如,射频识别标签可以促进网络家电的应

用,家电如果拥有网络功能,使用者即便在户外也能控制它们。例如,可以检查冰箱中的食物,帮助使用者决定需要购买什么物品,在无线操作终端上选择食物烹饪的方式等。当前,电气设备和家电产品制造商已经开始开发通用软硬件,并正在考虑制定射频识别标签在各种不同家电上的应用标准。将射频识别标签应用于医院也能带来好处,病人一进入医院,就在他身上佩戴标签,标签内含有病人的识别信息,医生和护士可以通过标签内的数据来识别病人的身份,避免认错病人,标签和读写器也能帮助医生和护士确认所使用的药物是否合适,从而避免医疗事故的发生。

## 3.2 射频识别技术的应用

### 3.2.1 RFID 的应用

#### 1. RFID 的应用领域

物联网的应用见表 3-1。

表 3-1 RFID 的应用

应用领域	应用说明
物流	物流仓储是 RFID 最有潜力的应用领域之一,UPS、DHL、Fedex 等国际物流巨头都在积极实验 RFID 技术,以期望在将来大规模应用中提升其物流能力。可应用的过程包括:物流过程中的货物追踪,信息自动采集,仓储管理应用,港口应用,邮政包裹,快递等
交通	高速不停车,出租车管理,公交车枢纽管理,铁路机车识别等 已有不少较为成功的案例。应用潜力大
汽车	制造,防盗,定位,车钥匙 可以应用于汽车的自动化,个性化生产,汽车的防盗,汽车的定位,可以制成安全性极高的汽车钥匙。国际上已有成功案例
零售	由沃尔玛、麦德隆等大超市一手推动的 RFID 应用,可以为零售业带来包括降低劳动力成本,提高商品可 visibility,降低因商品断货损失,减少商品偷窃现象等好处。可应用的过程包括:商品的销售数据实时统计,补货,防盗等
身份识别	RFID 技术由于天生的快速读取与难伪造性,而被广泛应用于个人的身份识别证件。如现在世界各国开展的电子护照项目,我国的第二代身份证,学生证等其他各种电子证件
制造业	应用于生产过程的生产数据实时监控,质量追踪,自动化生产,个性化生产等。在贵重及精密的货品生产领域的应用更为迫切
服装业	可以应用于服装的自动化生产,仓储管理,品牌管理,单品管理,渠道管理等,随着标签价格的降低,这一领域将有很大的应用潜力。但是在应用时,必须仔细考虑如何保护个人隐私的问题
医疗	可以应用于医院的医疗器械管理,病人身份识别,婴儿防盗等。医疗行业对标签的成本比较不敏感,所以该行业将是 RFID 应用的先锋之一
防伪	RFID 技术具有很难伪造的特性,但是如何应用于防伪还需要政府和企业的积极推广。可以应用的领域包括:贵重物品(烟,酒,药品)的防伪,票证的防伪等
资产管理	各类资产(贵重的或数量大相似性高的或危险品等)。随着标签价格的降低,几乎可以涉及所有物品

续表

应用领域	应用说明
食品	水果、蔬菜、生鲜、食品等保鲜度管理。由于食品、水果、蔬菜、生鲜含水分多,会影响正常的标签识别,所以该领域的应用将在标签的设计及应用模式上有所创新
动物识别	驯养动物、畜牧牲口、宠物等识别管理,动物的疾病追踪,畜牧牲口的个性化养殖等。在国际上已有不少较为成功的案例
图书馆	书店、图书馆、出版社等应用。可以大大减少书籍的盘点,节约管理时间,实现自动租、借、还书等功能。在美国、欧洲、新加坡等已有图书馆应用成功案例。在国内有图书馆正在测试中
航空	制造,旅客机票,行李包裹追踪 可以应用于飞机的制造,飞机零部件的保养及质量追踪,旅客的机票,快速登机,旅客的包裹追踪
军事	弹药、枪支、物资、人员、卡车等的识别与追踪 美国在伊拉克战争中已有大量使用。美国国防部已与其上万的供应商正在对军事物资进行电子标签标识与识别
其他	门禁,考勤,电子巡更,一卡通,消费,电子停车场等

## 2. RFID 的应用趋势

(1) RFID 的应用初期。RFID 最早是在战机的敌我识别系统中使用的,现在最先进的隐形战机中仍然在使用这种技术。美国军方早在 20 世纪后半叶就开始研究 RFID 技术,这项技术已经广泛使用在武器和后勤管理系统上。美国在“伊战”中利用 RFID 对武器和物资进行了非常准确的调配,保证了前线弹药和物资的准确供应。另外,包括沃尔玛在内的很多跨国公司已使用 RFID 技术辅助企业管理。

(2) RFID 的标准化为推广应用奠定了坚实的基础。从全球范围来看,美国已经在 RFID 标准的建立、相关软硬件技术的开发、应用等领域走在世界的前列。欧洲 RFID 标准紧跟美国主导的 EPCglobal 标准,并与美国基本处在同一阶段。日本提出了 UID 标准,韩国政府对 RFID 高度重视。这为 RFID 的推广应用奠定了较好的基础。

(3) 智能时代下的传统行业变革,对 RFID 提出了较高的市场需求。人工智能、云计算、大数据、量子计算等新一代智能技术的出现意味着第四次工业革命的序幕悄然拉开,技术社会发展的引擎正由互联网逐步转向智能技术。人类社会迎来智能时代,智能技术应用开始赋能各行各业,行业智能化加快,导致 RFID 市场需求量得以提升。

(4) 传感技术和网络技术的进步使 RFID 芯片的硬件成本下降,基于互联网和物联网的集成应用解决方案也在不断成熟,这为 RFID 技术的广泛应用创造了条件。库存高、补货不及时、数据不精确、物流效率低、盘点耗时长等是企业供应链的痛点,超高频无源 RFID 标签应用解决方案可以实现从工厂到零售商的动态全产业链过程的商品追踪,这使企业的营运效率提高。此外,无人零售的兴起也使得 RFID 的需求量增长,行业迎来新的发展机会。

(5) 超高频 RFID 将会成为行业发展的重心。RFID 在电子票证、出入控制、手机支付等中属于低高频段应用,其技术已经成熟。芯片设计、制造和票证制作工艺、封装技术等,属于高频 RFID,产业链已经完善。目前,高频 RFID 技术的应用依然是行业发展的主流趋势。超高频 RFID 技术具有能一次性读取多个标签、穿透性强、可多次读写、数据的记忆容量大,

无源电子标签成本低、体积小、使用方便、可靠性和寿命高等特点,得到了世界各国的重视。超高频 RFID 的核心技术主要包括:防碰撞算法、低功耗芯片设计、UHF 电子标签天线设计、测试认证等方面。因而,超高频将是未来发展的趋势和重点,有望在零售、无人便利店、图书管理、医疗健康、航空、物流、交通等诸多领域不断普及和发展。

(6) 物联网应用层次呈现多元化和复杂化的趋势。智能技术赋能正在改变传统行业的运营模式,同时也将导致 RFID 市场需求量的提升,这是各个行业发展的新契机,其必将驱动 RFID 在不同行业、不同层次、不同方面的持续发展。

### 3.2.2 RFID 的发展历史

20 世纪 40 年代后期,Harry Stockman 发表了《利用反射功率的通信》论文。据称,这篇论文是和第二次世界大战中英国皇家空军用来进行敌友飞机识别的“敌友飞机无线电识别系统(IFF)”相关的。

20 世纪 60 年代后期,RFID 在世界上首次被投入商业应用。这次应用采用 1b 大小的标签来对商场货物进行电子物品监控管理(Electronic Article Surveillance,EAS)。也就是说,进出商场的顾客都必须通过 EAS 通道系统的防盗检测。

20 世纪 80~90 年代,RFID 也开始了在其他领域的商业应用,包括家禽管理、公路收费等,此外还被安装在轮渡甲板上为汽车停放进行定位服务等。

20 世纪末期,在美国和其他一些国家,RFID 进入了数百万人的生活。应该说,RFID 并不是一种魅力四射、令人心潮澎湃的技术,这项技术更多地是被用在仓储管理以及工业应用等场合。在产品或者设备的制造过程中采用 RFID 技术进行跟踪,当这些产品或者设备被消费者购买、消费时,广大消费者并不会感觉到它的存在,也不会知晓 RFID 是如何工作的。如美国的易通卡收费系统和速结卡加油系统等。

人类已经进入了 21 世纪。RFID 越来越多地进入了人们的生活,虽然这种联系或者进入并不总是以令人愉快的方式进行的。消费者的一种担心就是随着 RFID 应用越来越广泛,他们会丧失隐私权。有些人甚至把 RFID 和圣经故事“人的标识”(Mark of the Beast)联系到一起了。

## 习题

### 1. 名词解释

(1) RFID; (2) RFID 阅读器。

### 2. 判断题

- (1) RFID 标签有两种:有源标签和无源标签。 ( )
- (2) 一个典型的射频识别系统由 RFID 标签、阅读器以及计算机系统部分组成。 ( )
- (3) 每个标签都有一个全球唯一的 ID——UID。 ( )
- (4) RFID 是一种计算机系统。 ( )

### 3. 填空题

(1) 电子标签依据频率的不同可分为低频电子标签、高频电子标签、超高频电子标签和\_\_\_\_\_。

(2) 根据射频识别系统作用距离的远近情况,射频标签天线与读写器天线之间的耦合可分为以下三类:密耦合系统、遥耦合系统、\_\_\_\_\_。

(3) 一套完整的 RFID 系统,是由阅读器(Reader)、\_\_\_\_\_及应用软件系统三个部分所组成。

### 4. 选择题

(1) 射频标签信息的写入方式大致可以分为( )。

- A. 射频标签在出厂时,即已将完整的标签信息写入标签
- B. 射频标签信息的写入采用有线接触方式实现,一般称这种标签信息写入装置为编程器
- C. 射频标签在出厂后,允许用户通过专用设备以无接触的方式向射频标签中写入数据信息
- D. 直接在射频标签上写信息

(2) RFID 工作频率可以是( )。

- A. 低频段射频标签
- B. 中高频段射频标签
- C. 超高频与微波标签
- D. 红外射频标签

### 5. 简答题

- (1) 简述 RFID 的工作原理。
- (2) 简述 RFID 的技术特点。
- (3) 简述 RFID 的历史。
- (4) 简述 RFID 的优点。
- (5) 与条形码识别系统相比,无线射频识别技术具有哪些优势?

### 6. 论述题

请从专业的角度展望 RFID 的应用前景。